SiO₂上へのニッケルシリサイド超薄膜の形成と化学結合状態分析 Formation of Ultra-thin Nickel Silicide Layer on SiO₂/Si Substrate and Chemical Bonding Feature Analysis

名大工¹, 名大院工², °木村圭佑¹, 西村俊介², 田岡紀之², 大田晃生², 牧原克典², 宮﨑誠一²

¹Sch. of Eng., Nagoya Univ., ²Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ.,

°K. Kimura¹, S. Nishimura², N. Taoka², A. Ohta², K. Makihara², and S. Miyazaki²

E-mail: kimura.keisuke@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

序>近年、厚さを数 nm 以下まで薄くした金属ナノシートは特定の分子のセンシングや電界効果を用いた抵抗変調などの特性を示すことが報告されており、これらを利用したデバイスに注目が集まっている[1,2]。一方で、金属薄膜は高い温度での熱処理によって凝集を起こし[3]、シート構造を維持することは困難であると考えられる。本研究では、既存の Si-ULSI プロセスと親和性の高い Ni シリサイドに注目し、SiO₂ 上に形成した Ni/Si 積層の熱処理による Ni シリサイド超薄膜の形成を試みた。

実験方法>0.1%の希フッ酸で洗浄を行った SiO₂ (300 nm)/Si 基板上に、電子ビーム蒸着によって Si(3 nm)を堆積し、その後 Ni(2 nm)を堆積した。作製した試料を、窒素雰囲気中で 400 °C または 600°C で 1 分間熱処理した。これらの試料について、原子間力顕微鏡(AFM)及び X 線光電子分光 (XPS)を用いて表面形態及び化学結合状態を調べた。

結果および考察>Fig.1 に AFM 表面形状像から求めた平均二乗 (RMS) 粗さの熱処理温度依存性を示す。熱処理前では、表面粗さ RMS 値は、 \sim 0.2 nm と原子レベルで平坦な表面が得られていることが分かる。また、 600° C の熱処理後においても、RMS 値に優位な変化は認められず、熱処理前の表面平坦性が保たれていることが分かる(図中に挿入した AFM 像参照)。Fig.2 に熱処理前後の試料の Ni $2p_{3/2}$ および Si 2p 内殻光電子スペクトルを示す。ここで、光電子脱出角度は 90° であり、それぞれの信号強度を Ni $2p_{3/2}$ 信号の積分強度で補正している。Ni $2p_{3/2}$ スペクトルにおいて、熱処理前は Ni 金属及び Ni 酸化成分が観測され、熱処理後に Ni 非酸化成分において高結合エネルギー側への化学シフトが認められる。また 600° C の熱処理後は、Ni 酸化成分がほとんど検出されず、還元反応が進行していることがわかる。一方、Si 2p スペクトルは熱処理後にピークが増大しており、Si 原子の試料表面側への拡散が起こっていることが分かる。これらの結果から Si と Ni の合金化反応が面内均一に進行し、局所的な凝集が生じることなく平坦シリサイド薄膜が形成されたことを示唆している。また、熱処理後に Si 酸化成分が増大することから、Ni/Si 積層薄膜のシリサイド化において、試料表面での Si の酸化と Ni の還元が同時進行することも明らかとなった。当日はニッケルジャーマナイド超薄膜との比較も踏まえて、薄膜化が表面形態、結晶相および化学結合状態へ与える影響について議論する。

謝辞>本研究の一部は科研費基盤研究(19H00762 及び 21H04559)の支援により行われた。 参考文献>[1] T. Tanaka et al, IEEE Trans. Electron Dev, **66** (2019)5393. [2] S. Dushenko et al, Nature Communications, **9** (2018)3118. [3] P. R. Gadkari et al, J. Vac. Sci. Technol. A, **23** (2005) 1152.

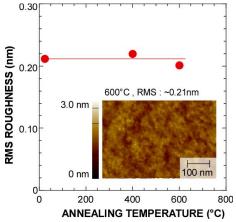


Fig. 1 RMS roughness values of the Ni/Si stacked layers on the SiO_2/Si structure before and after N_2 anneal, which were evaluated with AFM. An AFM image of the Ni/Si stacked layer annealed at 600° C is shown in the inset.

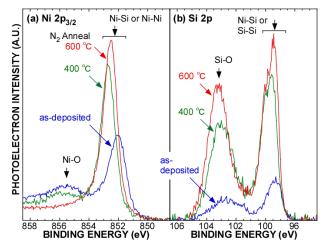


Fig. 2 (a) Ni $2p_{3/2}$ and (b) Si 2p spectra for the Ni/Si stacked layer on a ~ 300 -nm-thick SiO₂/Si structure before and after N₂ anneal at different temperatures.